



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 09 191 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 42 09 191.8  
㉑ Anmeldetag: 22. 3. 92  
㉒ Offenlegungstag: 13. 5. 93

㉓ Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**A 61 C 1/07**  
A 61 C 17/16  
B 24 D 17/00  
B 24 C 3/32  
B 24 C 1/00  
A 61 L 31/00

DE 42 09 191 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

㉔ Anmelder:  
Hahn, Rainer, Dr., 7400 Tübingen, DE

㉕ Erfinder:  
Hahn, Rainer, Dr.; Hahn, Petra, 7400 Tübingen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ㉖ Vorrichtung und Verfahren zur Bearbeitung natürlicher Hartgewebe unter Verwendung von oszillierenden Werkzeugen
- ㉗ Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur subtraktiven Bearbeitung natürlicher Hartgewebe, wie z. B. Zahnhartgewebe oder Knochenhartgewebe unter Verwendung von oszillierenden Werkzeugen vorgestellt.

DE 42 09 191 A 1

## Stand der Technik

Die subtraktive Bearbeitung und Präparation natürlicher Hartgewebe, wie z. B. Zahnhartsubstanzen und Knochengewebe ist Grundlage nahezu jedes zahnhalterhaltenden, restaurativen und/oder chirurgischen Eingriffes. Bislang erfolgt die Bearbeitung der genannten Gewebe mit rotierenden Diamantwerkzeugen oder Hartmetallinstrumenten.

Nachteile der herkömmlichen Bearbeitungsverfahren:

- zum Teil ausgeprägte Vibrationen
- rauhe Oberflächentopographie
- bearbeitungsinduzierte Randzonenschädigungen, Abplatzungen und Ausbrüche
- Schmerzinduktion
- unangenehme Geräuschempfindung für den Patienten
- Gefahr der Überhitzung der bearbeiteten Gewebe mit der Folge einer möglichen Denaturierung der organischen Bestandteile; ggf. irreversible Schädigung der Zahnpulpa bzw. des vitalen Knochengewebes
- eingeschränkte Möglichkeit eines selektiven Materialabtrages
- Probleme bei der kontrollierten Präparation feiner Kavitäten und Ausläufer
- Probleme bei der Präparation dünner und/oder langgestreckter Kavitäten
- definierte Mindestschichtdicke der verwendeten Instrumente
- Rundlauf der Instrumente nur bei bestimmtem Mindestdurchmesser und limitierter Länge gewährleistet
- aufwendiges Verfahren
- geringe Standzeit der verwendeten Instrumente
- Gefahr der Verletzung der Weichteile

Die Bearbeitung vitaler Hartgewebe mit Laserenergie weist darüber hinaus weitere wesentliche Nachteile auf, die den klinischen Einsatz bislang limitieren:

- induzierte Temperaturgradienten mit der Folge einer kausalen Ribinduktion und Randzonenschädigung
- zum Teil ausgeprägte Erhitzung der bearbeiteten Strukturen mit der Folge einer irreversiblen Schädigung (Denaturierung und/oder Carbonisierung) der organischen Gewebeanteile der unmittelbaren und/oder mittelbaren Umgebung
- thermische Tiefenschädigung
- geringe Abtragsraten
- kein kontrollierter Tiefenabtrag
- Gefahr der Verletzung von umgebenden Weichteilen
- Augenschäden

## Vorteile der Erfindung

Die Erfindung ermöglicht die subtraktive Bearbeitung vitaler und/oder devitaler natürlicher Hartgewebe. Aufgrund der unterschiedlichen Elastizitätseigenschaften zwischen den anorganischen und organischen Hartgewebsbestandteilen findet der Materialabtrag bevor-

zugt an den anorganischen Oberflächen statt ohne Schädigung der organischen Strukturen.

- äußerst schonende, kontrollierte Bearbeitung
- einfache, sichere Handhabung
- keine Vibrationen
- keine thermische Schädigung der bearbeiteten Gewebe
- Möglichkeit zur selektiven Bearbeitung verschiedener Hartgewebe aufgrund der unterschiedlichen Elastizitätseigenschaften — potentielle Möglichkeit zur bevorzugten Bearbeitung erkrankter Gewebe
- Möglichkeit zur Verwendung einfacher, konfektionierter Werkzeuge oder (erstmalig) zu individuell angefertigten Werkzeugen (Formzeuge), die die Form der zu präparierenden Kavität im Negativ codieren.
- hohe Abtragsleistung
- gleichzeitige Bearbeitung künstlicher Füllmaterialien ist möglich
- ggf. schmerzfreie Bearbeitung, da die Arbeitsimpulse kleiner sind als die erforderlichen Rezeptorimpulse zur Schmerzinduktion

Beschreibung des bevorzugten Ausführungsbeispiels am Beispiel der Präparation einer Zahnkavität (siehe Fig. 1)

Das beschriebene Ausführungsbeispiel beschreibt die Präparation einer Zahnkavität und steht damit repräsentativ für jede subtraktive Bearbeitung natürlicher Hartgewebe (Zahnhartgewebe und Knochengewebe), insbesondere auch für eine formgebende Bearbeitung sowie für eine Bearbeitung von Hartgeweben mit adhären-ten künstlichen Materialien.

- 1 = Zahnpulpa
- 2 = Zahnhalteapparat
- 3 = Zahnbein
- 4 = Kavität
- 5 = Zahnschmelzkappe
- 6 = Fluid
- 7 = Fluidzuführung
- 8 = Handstück (Haltevorrichtung)
- 9 = oszillierendes Werkzeug
- 10 = Spannvorrichtung
- 11 = Schwingungsgebendes und/oder schwingungsleitendes System

Das schwingungsgebende System (11) kann entweder im Handstück (8) integriert oder in einem peripheren Gerät lokalisiert sein. Das Werkzeug (9) wird schwingungsschlüssig an das schwingungsgebende oder -leitende System angekoppelt. Es empfiehlt sich das schwingende System in Resonanz abzustimmen, obgleich grundsätzlich der erfindungsgemäße Grundgedanke auch mit nicht abgestimmten Systemen realisiert werden kann. Die Spannvorrichtung (10) gewährleistet einen sicheren Verbund des Werkzeuges (9) mit dem schwingungserzeugenden oder -leitenden System (11), ohne die Schwingungen selbst zu beeinflussen. Die Spannvorrichtung kann technisch anwendungsbezogen ausgestaltet werden, z. B. durch Friktionspassung, Klemmpassung, Zangenspannung etc. Es können unterschiedliche Werkzeuge eingespannt oder mit einem festverankerten Werkzeug gearbeitet werden.

Das Werkzeug (9) oszilliert in mindestens einer

Raumrichtung, d. h. es führt entweder reine Longitudinalschwingungen oder reine Transversalschwingungen oder definierte Longitudinalschwingungen mit überlagerten Transversalschwingungen aus. Die Frequenz der überlagerten Longitudinal- und Transversalschwingungen kann aufeinander abgestimmt oder willkürlich überlagert sein. Zusätzlich kann das Werkzeug zu den verschiedenen o.g. Freiheitsgraden oszillatorischer Bewegungen auch rotierende Bewegungen ausführen. Durch die Überlagerung der Rotationsbewegung und der Oszillationsbewegungen kann der Materialabtrag wesentlich gesteigert und die Oberflächenqualität wesentlich verbessert werden.

Das Werkzeug (9) kann entweder aus metallischen und/oder organischen und/oder anorganischen Materialien und/oder aus einer Kombination dieser Materialien bestehen. Mehrteilige Werkzeuge sind denkbar, darüberhinaus kann die Werkzeugoberfläche individuell beschichtet sein und beispielsweise eine harte, verschleißfeste Schicht aufweisen.

Die Oberfläche kann glatt ausgebildet sein, ein definiertes Oberflächenrelief oder oberflächlich angeordnete geometrisch definierte Schneiden aufweisen. Die Werkzeugoberfläche (9) kann zusätzlich eine Schicht aus geometrisch unbestimmten Schneiden aufweisen, wie z. B. adhärenzte Diamantkörner oder andere geometrisch unbestimmte Schneiden, die eine höhere Mikrohärtigkeit aufweisen als die zu bearbeitenden Hartgewebe (z. B. Keramikschnneiden, Quarzschnneiden, Feldspatschnneiden etc.). Zusätzlich kann das Werkzeug während der Bearbeitung kontinuierlich mit einem Fluid umspült werden (Kühlung, Spüleffekt). Das Fluid kann aus Wasser oder Kochsalzlösung bestehen und zusätzlich chemische Wirkstoffe und/oder suspendierte Partikel enthalten. Die chemischen Wirkstoffe können den Abtrag und die Spülwirkung unterstützen. Durch Zusatz von Partikeln, z. B. in Form geometrisch unbestimmter Schneiden mit höheren Mikrohärtigkeiten, als die der zu bearbeitenden Werkstoffe kommt es zu induzierten erosiven Effekten an den zu bearbeiteten Hartgewebsoberflächen; die abrasiven Partikel werden durch die Oszillation des Werkzeuges beschleunigt und führen beim Auftreffen auf die spröden anorganischen Hartgewebstrukturen zu Mikroerosionsvorgängen und somit zum Materialabtrag. Die elastische Werkzeugoberfläche selbst unterliegt relativ geringen Verschleißerscheinungen. Durch räumliche und zeitliche Summation dieser Effekte wird das Werkzeug in die zu bearbeitenden Oberflächen "abgebildet". Die Präparation einer definierten Kavität (4) kann durch Translationsbewegungen des Werkzeuges (9) gegenüber der zu bearbeitenden Hartsubstanzoberfläche (5) unterstützt werden.

Zur Optimierung der Fluidzuführung im Arbeitsspalt wird ein hohles Werkzeug (9) mit integrierter Fluidzuführung und mindestens einer, besser mehrerer Öffnungen vorgeschlagen. Eine andere Möglichkeit besteht bei Verwendung von hohlen Werkzeugen (9) mit mindestens einer Öffnung in einer Vakuumabsaugung des Fluids durch das Werkzeug. Auch dadurch ist eine ausreichende Benetzung des Arbeitsspalt zwischen Werkzeugoberfläche (9) und präparierten Hartgeweben sichergestellt.

Zur Bearbeitung wird das oszillierende Werkzeug ggf. mit überlagerter Rotationsbewegung flächig an die zu bearbeitenden Hartgewebsoberflächen angesetzt und unter kontinuierlicher Umspülung mit Fluid eingesenkt. Das Fluid wird kontinuierlich aus dem Operationsfeld abgesaugt.

Die präparierte Form entsteht durch vertikales Einsenken eines individuell angefertigten Werkzeuges. Für den Fall, daß die Geometrie des "Formzeuges" von der Rotationsymmetrie abweicht wird keine zusätzliche Rotationsbewegung überlagert.

In den meisten Fällen empfiehlt sich jedoch die Verwendung rotationssymmetrischer Werkzeuge, wobei die Formgebung der präparierten Kavität — analog bisheriger Präparationstechniken — durch kontrollierte dreidimensionale Relativbewegungen zwischen Werkzeug und Hartgewebsoberfläche entsteht. Der Materialabtrag ist ein Summationseffekt aus indirekt mikroerosiven Korneingriffen (Ankopplung durch dispergiertes Schleifmittelkorn im Fluid), und aus direkt oszillatorischen Korneingriffen bzw. bei oszillationsunterstütztem Schleifen auch aus rotatorischen Korneingriffen (am Werkzeug adhärenzte, geometrisch definierte und/oder unbestimmte Schneiden).

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur subtraktiven Bearbeitung natürlicher Hartgewebe, wie z. B. Zahnhartgewebe oder Knochengewebe unter Verwendung mindestens eines oszillierenden Werkzeuges (9).
2. Vorrichtung zur formgebenden Bearbeitung natürlicher Hartgewebe, wie z. B. Zahnhartgewebe oder Knochengewebe unter Verwendung mindestens eines oszillierenden Werkzeuges (9).
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (9) Longitudinalschwingungen ausführt.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (9) Transversalschwingungen ausführt.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (9) sowohl Longitudinalschwingungen als auch Transversalschwingungen ausführt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5 dadurch gekennzeichnet, daß die überlagerten Longitudinal- und Transversalschwingungen durch mindestens 2 verschiedene schwingungserzeugende Systeme angeregt werden.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 dadurch gekennzeichnet, daß die überlagerten Transversalschwingungen zusätzlich durch gezielte Gestaltung der Form und der Massenverteilung des Werkzeuges (9) aus einer angeregten Longitudinalschwingung entstehen oder umgekehrt, daß die Longitudinalschwingungen zusätzlich aus angeregten Transversalschwingungen hervorgehen.
8. Das schwingende Werkzeug kann zusätzlich zu den verschiedenen Oszillationsbewegungen Rotationsbewegungen (im Sinne rotierender Bearbeitungsinstrumente) ausführen.
9. Die induzierten Schwingungen des Werkzeuges (9) liegen innerhalb eines mittleren Frequenzspektrums ( $\leq 15$  kHz).
10. Die induzierten Schwingungen des Werkzeuges (9) liegen innerhalb eines hohen Frequenzspektrums ( $\geq 30$  kHz).
11. Die induzierten Schwingungen des Werkzeuges (9) liegen innerhalb eines Frequenzspektrums von 15 bis 30 kHz, insbesondere in einem Bereich zwischen 18 und 22 kHz.
12. Die Longitudinal- und die Transversalschwingungen des Werkzeuges (9) können verschiedene

benden Bearbeitung von natürlichen Hartgeweben, wie z. B. Zahnhartgewebe oder Knochengewebe mit Hilfe von oszillierenden Werkzeugen.

32. Verfahren nach Anspruch 31 wobei das verwendete Werkzeug (9) Longitudinalschwingungen oder Transversalschwingungen oder eine Kombination aus Longitudinal- und Transversalschwingungen ausführt. Den genannten Oszillationsbewegungen kann zusätzlich eine Rotationsbewegung des Werkzeuges überlagert sein.

33. Verfahren nach Anspruch 31 oder 32, wobei der Materialabtrag durch direkten Eingriff der am Werkzeug adhärierten geometrisch definierten und/oder nicht definierten Schneiden erfolgt und/oder durch einen indirekten Eingriff (Erosion) durch das Werkzeug beschleunigter, abrasiver Bestandteile des Fluids (6) erzeugt bzw. unterstützt wird. Der Erosionsprozeß kommt dadurch zustande, daß die abrasiven Bestandteile des Fluids (6) im Arbeitsspalt zwischen Werkzeugoberfläche (9) und Hartgewebsoberfläche (5) beschleunigt werden und beim Auftreffen auf die Hartgewebsoberflächen Mikroerosionsprozesse induzieren, die über eine räumliche und zeitliche Summation zum Einsenken und "Abbilden" des Werkzeuges in das zu bearbeitende Gewebe führen. Der Verschleiß der Werkzeugoberfläche ist im Vergleich dazu relativ gering.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 31 bis 33, wobei der Materialabtrag durch erosive Strömungen des gefüllten Fluids im Arbeitsspalt erfolgt bzw. der Abtrag nach Anspruch 33 unterstützt wird.

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 31 bis 34, wobei das Fluid kontinuierlich aus dem Operationsfeld abgesaugt wird.

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 31 bis 33, wobei standardisierte Werkzeuge und/oder individuell angefertigte formcodierte "Formzeuge" verwendet werden.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

Fig. 1

